



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
21.12.2022 Patentblatt 2022/51

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
C22B 7/00 (2006.01) **C22B 7/02** (2006.01)
C22B 19/14 (2006.01) **C22B 19/30** (2006.01)
C22B 19/32 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **21179909.3**

(22) Anmeldetag: **16.06.2021**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
C22B 19/14; C22B 7/004; C22B 7/02; C22B 19/30;
C22B 19/32; C21B 2200/00

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

- **Edler, Franz**
8010 Graz (AT)
- **Rauppenstrauch, Harald**
8061 Rinnegg (AT)
- **Spijker, Christoph**
6912 Hörbranz (AT)
- **Meyer, Michael**
8010 Graz (AT)
- **Loitfellner, Christoph**
5602 Wagrein (AT)
- **Raonic, Zlatko**
8020 Graz (AT)

(71) Anmelder:
• **K1-MET GmbH**
4020 Linz (AT)
• **Montanuniversität Leoben**
8700 Leoben (AT)

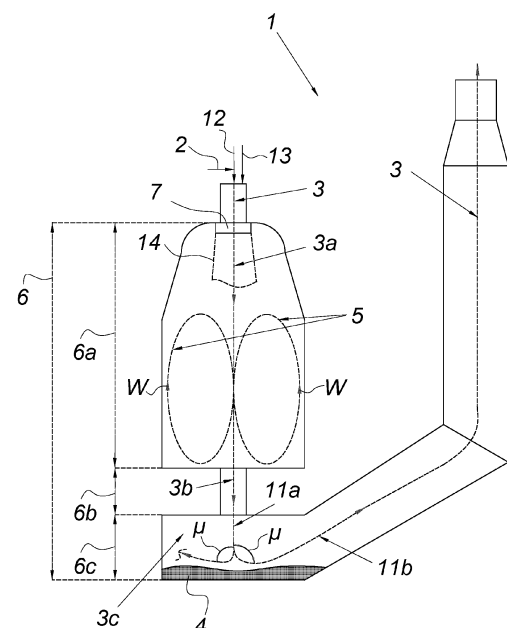
(74) Vertreter: **Jell, Friedrich**
Bismarckstrasse 9
4020 Linz (AT)

(72) Erfinder:
• **Reiter, Wolfgang**
8600 Bruck an der Mur (AT)

(54) **VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM ABTRENNEN VON METALLEN AUS STAUB**

(57) Es wird eine Vorrichtung (1) und ein Verfahren zum Abtrennen von Metallen aus Staub (2), insbesondere von Hüttenwerken zur Eisen- und/oder Stahlerzeugung, gezeigt, bei dem der Staub (2) in eine Gasströmung (3) eingebracht und erhitzt wird, womit einerseits Zinkoxid (ZnO) als ein flüchtiger Bestandteil des Staubs (2) reduziert und verdampft wird und andererseits Eisen (Fe) und/oder Eisenoxid (FeO, Fe₂O₃, Fe₃O₄) als ein nichtflüchtiger Bestandteil des Staubs (2) zu einem Schlackebad (4) abgeschieden wird. Um Metalle mit hoher Reinheit einfach und anlagentechnisch sicher aus dem Staub abtrennen zu können, wird vorgeschlagen, dass ein stabiler Toruswirbel (5) erzeugt wird, der einen ersten Strömungsabschnitt (3a) der Gasströmung (3) ausbildet, in welchem ersten Strömungsabschnitt (3a) Zinkoxid (ZnO) reduziert und verdampft wird.

FIG. 1



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Abtrennen von Metallen aus Staub, insbesondere von Hüttenwerken zur Eisen- und/oder Stahlerzeugung, bei dem der Staub in eine Gasströmung eingebracht und erhitzt wird, wodurch einerseits Zinkoxid (ZnO) als ein flüchtiger Bestandteil des Staubs reduziert und verdampft wird und andererseits Eisen (Fe) und/oder Eisenoxid (FeO , Fe_2O_3 , Fe_3O_4) als ein nichtflüchtiger Bestandteil des Staubs zu einem Schlackebad abgeschieden werden.

[0002] Ein derartiges Verfahren ist als RecoDust Verfahren bekannt. Bei diesem Verfahren werden Stäube von Hüttenwerken zur Eisen- und/oder Stahlerzeugung in einen Reaktor mit reduzierender Atmosphäre eingebracht. Die einzelnen Partikelkomponenten des Staubs reagieren mit der Gasphase und je nach den einzelnen Komponenten-Eigenschaften werden diese erhitzt, geschmolzen und reduziert oder oxidiert. Dabei splittet sich die Partikelphase in einen volatilen Teil und einen flüssigen oder festen Teil. Die Teile mit einem niederen Siedepunkt als die Partikel-Endtemperatur sind volatil und verdampfen und gehen in die Gasphase über. Die übrigen Teile sind nichtflüchtig und sinken in Richtung des Reaktorbodens und trennen sich von der Gasphase. Diese Teile werden in flüssiger oder teilweise fester Form in die Schlackenfraktion abgeschieden. Die volatilen Teile werden über das Abgas ausgetragen und durch eine nachfolgende Abgasbehandlung wiedergewonnen.

[0003] Bekanntermaßen können im Gegensatz zu anderen Verfahren mit dem RecoDust Verfahren Stäube unabhängig von deren Mindestzinkgehalt behandelt werden. Nachteilig können Vorgaben zur Reinheit der abgetrennten zinkreichen Fraktion sowie sicherheitsrelevante Aspekten bei der Staubförderung in den Reaktor nicht eingehalten werden.

[0004] Es ist daher die Aufgabe der Erfindung, das RecoDust Verfahren zu verbessern und eine Vorrichtung hierzu derart zu verändern, dass die vom Staub abgetrennte zinkreiche Fraktion einen hohen Reinheitsgrad aufweist. Zudem soll die Vorrichtung konstruktiv einfach, anlagentechnisch sicher und robust ausgebildet sein.

[0005] Die Erfindung löst die gestellte Aufgabe hinsichtlich des Verfahrens durch die Merkmale des Anspruchs 1.

[0006] Wird ein stabiler Toruswirbel erzeugt, der einen ersten Strömungsabschnitt der Gasströmung ausbildet, in welchem ersten Strömungsabschnitt Zinkoxid reduziert und verdampft wird, können selbst kleinste Bestandteile bzw. Partikelteile des Staubs ausreichend, beispielsweise durch Akkumulierung, koaguliert und aufgeschlossen werden, was ein unerwünschtes Austragen von nicht reagierten Bestandteilen vermindert. Beispielsweise kann damit die Reinheit der gasförmigen Fraktion gegenüber nichtflüchtigen Bestandteilen des Staubs erhöht werden, was in weiterer Folge die Reinheit der davon abgetrennten zinkreichen Fraktion deutlich erhöhen kann. Koagulierte größere nichtflüchtige Bestandteile können sich leichter im Schlackebad absetzen. Außerdem ist der Toruswirbel in der Gasströmung äußerst stabil und kann beispielsweise zur Stützung der Flamme eines Brenners verwendet werden. Zudem erleichtert der Toruswirbel als besonders stabiler erster Strömungsabschnitt die Erhitzung des Staubs, beispielsweise mit Hilfe eines Gasbrenners, was die Aufschlussrate verbessert und damit den Wirkungsgrad des Verfahrens erhöht.

[0007] Das Verfahren kann auch handhabungsfreundlicher durchgeführt werden, wenn ein Brenner, insbesondere Gasbrenner, in einem Reaktor den Toruswirbel erzeugt. Vorzugsweise erstreckt sich der Toruswirbel in dessen Längserstreckung im Wesentlichen (also mehr als 50 %) über die Höhe des Reaktors bzw. des ersten oberen Reaktorabschnitts. Dies kann für eine ausreichende Prozesszeit und Verweilzeit der Bestandteile im ersten Abschnitt gesorgt werden, um die Staubbestandteile aufzuschließen und zu reduzieren, was die Reproduzierbarkeit und Effizienz des Verfahrens weiter erhöhen kann.

[0008] Wird der Staub über den Brenner in den Toruswirbel und damit in den ersten Strömungsabschnitt der Gasströmung eingebracht, kann dies für eine zuverlässige und ausreichende Beladung des ersten Strömungsabschnitts mit Staub sorgen. Der Toruswirbel erzeugt einen Rückstrombereich beispielsweise an den Reaktorwänden. Dies kann beispielsweise eine ausreichende Verweilzeit der Bestandteile des Staubs im Reaktor gewährleisten. Die höchsten Temperaturen befinden sich entlang der Reaktorachse über die gesamte Reaktorhöhe. Die Effizienz des Verfahrens kann damit weiter gesteigert werden.

[0009] Vorzugsweise wird das Schlackebad am Boden des Reaktors ausgebildet. Die nichtflüchtigen Bestandteile werden durch die torusförmige Strömung an die Reaktorwand befördert und bewegen sich entlang der Reaktorwand in Richtung des Reaktorbodens hinab und sammeln sich im Schlackebad. Das Schlackebad wirkt außerdem als eine schützende Verschleißschicht für die feuerfeste Ausmauerung des Reaktorbodens.

[0010] Vorzugsweise weist die Gasströmung einen zweiten und einen dritten Strömungsabschnitt auf, wobei der zweite Strömungsabschnitt von einer Düse zwischen dem ersten und dritten Strömungsabschnitt ausgebildet wird. Diese Düse als Querschnittsverengung erhöht die Strömungsgeschwindigkeit, was die Fraktionierung im nachfolgenden dritten Strömungsabschnitt verbessert. So scheiden sich damit die nichtflüchtigen Bestandteile im dritten Strömungsabschnitt leichter ab und werden anschließend im Schlackebad gesammelt bzw. zu diesem Schlackebad abgeschieden. Die anderen flüchtigen Bestandteile werden mit dem dritten Strömungsabschnitt ausgetragen.

[0011] Ein unerwünschter Carry-Over tritt auf, wenn ein zu hoher Anteil an nicht behandeltem Staub den Reaktor verlässt. Dieser Carry-Over zwischen den Fraktionen kann weiter vermindert werden, wenn die Strömungsrichtung des dritten Strömungsabschnitts auf das Schlackebad zunächst ausgerichtet, vor dem Schlackebad umgelenkt und dann von

diesem Schlackebad weg gerichtet verläuft und aus dem Reaktor ausgetragen wird. Durch die Anordnung des zweiten und dritten Düsenabschnitts kann die Fraktionierung des Verfahrens weiter verbessert werden.

[0012] Vorstehende bestehende Fraktionierung kann verbessert werden, wenn zwischen der zum Schlackebad zu-gerichteten und weggerichteten Strömungsrichtung ein spitzer Innenwinkel besteht. Durch diese scharfe Umlenkung über dem Schlackebad werden feste und geschmolzene Bestandteile aus dem Gasstrom gerissen und scheiden sich an der Oberfläche des Schlackebads ab und verbleiben im Schlackebad. Das übrige zinkangereicherte Abgas verlässt den Reaktor und strömt in die Abgasbehandlung.

[0013] Vorzugsweise wird im ersten Strömungsabschnitt eine Temperatur von mehr als 1600 C (Grad Celsius) eingestellt, um damit selbst höherschmelzende und somit nichtflüchtige Oxidverbindungen reproduzierbar schmelzen und reduzieren zu können.

[0014] Günstige Verfahrensbedingungen können sich ergeben, wenn der Staub eine maximale Korngröße von unter 1.000 μm , bevorzugt eine mittlere Korngröße von 50 μm bis 100 μm , aufweist. Diese Korngröße ermöglicht es beispielsweise auch, dass der Staub durch einen Gasbrenner rasch erhitzt, geschmolzen und reduziert werden kann. Dies verbessert zudem auch im Toruswirbel die Fraktion der flüchtigen von den nichtflüchtigen Bestandteilen.

[0015] Die Reduktion von Zinkoxid (ZnO) kann weiter verbessert werden, wenn der erste Strömungsabschnitt ein unterstöchiometrisches Verbrennungsluftverhältnis (λ), insbesondere ein Verbrennungsluftverhältnis (λ) von 0,7 bis 0,8, aufweist. Die reduzierende Atmosphäre wird durch das Verbrennungsluftverhältnis (λ) des Gasbrenners realisiert. Zudem kann dies ein zusätzliches Reduktionsmittel vorteilhaft vermeiden.

[0016] Die Erfindung löst die gestellte Aufgabe hinsichtlich der Vorrichtung durch die Merkmale des Anspruchs 11.

[0017] Mündet der Brenner, beispielsweise Gasbrenner, in den Reaktor, bildet dies im Reaktor einen stabilen Toruswirbel aus und treibt diesen an. Diese Anordnung von Brenner und Reaktor kann zu einer vereinfachten Konstruktion führen, die zudem standfest und reproduzierend den Staub in Fraktionen trennen kann.

[0018] Dies insbesondere dann, wenn der Brenner mit mindestens einem Heizsauerstoffkanal zur Führung von Sauerstoff und mit wenigstens einem Heizgaskanal zur Führung von Heizgas in den Reaktor mündet.

[0019] Vorzugsweise wird der Staub über den Heizgaskanal des Brenners, insbesondere gleichverteilt, in den Reaktor eingebracht, was den Eintrag der Staubpartikel im Toruswirbel sicherstellen kann und damit den Wirkungsgrad der Vorrichtung verbessert. Durch den Staubtransport mit dem Heizgas ist eine nicht reaktive inerte Atmosphäre außerhalb des Reaktors im Heizgaskanal gewährleistet. Damit ist eine erhöhte Anlagensicherheit gegeben, da der für eine Reaktion notwendige Heizsauerstoff erst im Reaktor dazugegeben wird.

[0020] Der Brenner ist vom nachmischenden Typ. Heizsauerstoff und Heizgas treten in getrennten Kanälen aus dem Brenner aus und in den Reaktor ein. Eine Vermischung findet daher im Reaktor statt, was die Standfestigkeit der Vorrichtung erhöhen kann, insbesondere in Hinblick auf einen staub-belasteten Heizgaskanal. Durch die getrennten Kanäle für Heizsauerstoff und für Heizgas erfolgt die Vermischung von Heizsauerstoff und Heizgas, die Verbrennungsreaktion sowie die Reduktion des Staubs im Reaktor.

[0021] Vereinfachte Konstruktionsverhältnisse zur Ausbildung eines stabilen Toruswirbels können sich ergeben, wenn der Reaktor im Bereich des stabilen Toruswirbels einen zylindrischen Wandabschnitt aufweist, und dass der Brenner einen Brennerkopf aufweist, an dem Heizgaskanal und Heizsauerstoffkanal für eine kegelförmige Flamme des Heizgas-Heizsauerstoffgemisches zueinander ausgerichtet ausmünden. Der stabile Toruswirbel wird vorzugsweise durch die Ausführung des Heizsauerstoffkanals erzeugt.

[0022] Vorzugsweise tritt der Heizsauerstoffkanal in einem Winkel (α) von 0 bis 35 Grad, insbesondere von 20 bis 35 Grad, gegenüber der Längsachse des Brenners geneigt verlaufend am Brenner aus, um den stabilen Toruswirbel zu erzeugen.

[0023] Eine verbesserte Fraktionstrennung für eine erhöhte Reinheit kann ermöglicht werden, wenn der Reaktor zwei über eine Düse verbundene Reaktorabschnitte aufweist, wobei der erste obere Reaktorabschnitt den ersten Strömungsabschnitt und der untere dritte Reaktorabschnitt den dritten Strömungsabschnitt und das Schlackebad aufweisen. Die Querschnittsverengung durch die Düse bewirkt eine Erhöhung der Gasgeschwindigkeit und verbessert die nachfolgende Fraktionstrennung.

[0024] In den Figuren ist beispielsweise der Erfindungsgegenstand anhand von einer Ausführungsvariante näher dargestellt. Es zeigen

Fig. 1 eine Schnittansicht der erfindungsgemäßen Vorrichtung,

Fig. 2 eine vergrößerte Ansicht auf einen Brenner der Vorrichtung nach Fig. 1 und

Fig. 3 eine Unteransicht auf den Brenner der Fig. 2.

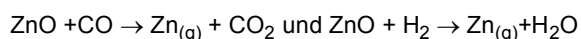
[0025] Nach der Fig. 1 ist beispielsweise eine Vorrichtung 1 zur Durchführung eines Verfahrens zum Abtrennen von Metallen aus Staub 2 von Hüttenwerken zur Eisen- und Stahlerzeugung dargestellt.

[0026] Bei diesem Verfahren wird der Staub 2 in eine Gasströmung 3 eingebracht und erhitzt. In dieser Gasströmung 3 wird einerseits Zinkoxid (ZnO) als ein flüchtiger Bestandteil des Staubs 2 reduziert und verdampft und andererseits

Eisen Fe und/oder Eisenoxid, in Form von FeO , Fe_2O_3 , Fe_3O_4 , als ein nichtflüchtiger Bestandteil des Staubs 2 abgeschieden, und zwar zu einem bzw. in einem Schlackebad 4 abgeschieden.

[0027] Flüchtige Bestandteile sind gasförmige Verbindungen, die unter festgelegten Bedingungen beim Erhitzen und Zersetzen anorganischer und organischer Stoffe entweichen und eine niedrigere Verdampfungstemperatur aufweisen als ein bei der Zersetzung anorganischer und organischer Stoffe entstehendes Gasprodukt. Die Bestimmung der flüchtigen Bestandteile eines Stoffes ist ein sogenanntes Konventionsverfahren. Bei festen Brennstoffen werden die flüchtigen Bestandteile nach DIN 51720 ermittelt.

[0028] Erfindungsgemäß wird ein stabiler Toruswirbel 5 als erster Strömungsabschnitt 3a der Gasströmung 3 ausgebildet, und zwar im gesamten Betriebsbereich des Verfahrens stabil. In diesem ersten Strömungsabschnitt 3a wird Zinkoxid ZnO reduziert und verdampft. Dies erfolgt auch standfest und reproduzierbar bei einem Staub 2 mit der kleinsten Partikelgröße, da der Toruswirbel 5 selbst solche Partikel zur Agglomeration zwingt und damit ein Carry-Over von nicht behandeltem Staub 2 aus der Vorrichtung 1 bzw. aus dem Reaktor 6 der Vorrichtung 1 vermeidet. Dies führt zu einer besonders hohen Reinheit des verdampften Zinkoxids $\text{Zn}_{(g)}$ gemäß der Reaktionsgleichungen



[0029] Wie in Fig. 1 zu erkennen, verläuft der Toruswirbel 5 längs des Reaktors 6 bzw. längs des ersten oberen Reaktorabschnitts 6a. Außerdem weist der Toruswirbel 5 eine in Längsrichtung des Reaktors 6 gerichtete Walzkomponente W auf und ist drallfrei, wobei auch eine, beispielsweise zur Walzkomponente W senkrechte, Drallkomponente vorstellbar ist.

[0030] Wie in Fig. 1 zu erkennen, weist die Vorrichtung 1 einen Reaktor 6 und einen Brenner 7, nämlich Gasbrenner, am Kopf des Reaktors 6 auf. Der in den ersten Reaktorabschnitt 6a einmündende Brenner 7 ist derart ausgebildet, im Reaktor 6 einen stabilen Toruswirbel 5 anzutreiben bzw. diesen Toruswirbel 5 dort auszubilden.

[0031] Zur Ausbildung des Toruswirbels 5 weist der Brenner 7 -wie in Fig. 2 und 3 dargestellt- einen Brennerkopf 7.1 auf, an dem Heizgaskanal 8, der Heizgas 12 (z. B.: CH_4) und den Staub 2 führt, und Heisauerstoffkanal 9, der den Sauerstoff 13 (O_2) führt, ausmünden. Heizgaskanal 8 und Heisauerstoffkanal 9 münden nun derart am Brennerkopf 7.1 zueinander ausgerichtet aus, dass sich eine kegelförmige Flamme 14 des Heizgas-Heisauerstoffgemisches ausbildet.

Und zwar tritt der Heisauerstoffkanal 9 in einem Winkel α von 0 bis 35 Grad, insbesondere von 20 bis 35 Grad, gegenüber der Längsachse L des Brenners 7 geneigt verlaufend am Brenner 7 aus, wie dies an den verschiedensten ersten Düsen 9.1 auf der Stirnseite 7.2 des Brenners 7 zu erkennen ist.

Der Heizgaskanal 8 tritt über eine ringförmige zweite Düse 8.1 aus dem Brenner 7 aus, wobei die ersten Düsen 9.1 um die zweite Düse 8.1 herum angeordnet sind, wie in Fig. 3 zu erkennen ist.

[0032] Der Toruswirbel 5 erstreckt sich im Wesentlichen (also mehr als 50 %) über die Höhe des ersten Reaktorabschnitts 6a. Zudem weist der erste Reaktorabschnitt 6a im Bereich des stabilen Toruswirbels 5 einen zylindrischen Wandabschnitt 10 auf, was den Toruswirbel 5 besonders stabilisiert.

[0033] Der Staub 2 wird über den Brenner 7 in den Reaktor 6 eingebracht. Hierzu wird der Staub 2 dem Gas des Heizgaskanal 8 des Brenners 7 zugeführt, der vom nachmischenden Typ ist. Damit wird reproduzierbar dem Toruswirbel 5 Staub zum Fraktionieren zugeführt und für eine ausreichende Temperatur von über 1600 Grad Celsius im Toruswirbel 5 unter Sauerstoffreduktion gesorgt.

[0034] Der Reaktor 6 weist zwei über eine Düse 6b verbundene Reaktorabschnitt 6a und 6c auf. Im ersten oberen Reaktorabschnitt 6a befindet sich der erste Strömungsabschnitt 3a und im unteren dritten Reaktorabschnitt 6c befindet sich ein dritter Strömungsabschnitt 3c der Gasströmung 3 und auch das Schlackebad 4, in dem Eisen Fe und/oder Eisenoxid FeO , Fe_2O_3 , Fe_3O_4 als ein nichtflüchtiger Bestandteil des Staubs 2 abgeschieden werden.

[0035] Erfindungsgemäß stellt der Toruswirbel 5 auch sicher, dass die Reduktion des Zinkoxides ZnO abgeschlossen ist, bevor die Gasströmung 3 in den dritten Reaktorabschnitt 6c eintritt.

[0036] Die Düse 6b beschleunigt die Gasströmung 3, die in den dritten Strömungsabschnitt 3c eintritt, und zwar mit einer Strömungsrichtung 11a auf die zunächst auf das Schlackebad 4 gerichtet ist. Vor dem Schlackebad 4 wird die Gasströmung 3 umgelenkt, und zwar so, dass sich eine Strömungsrichtung 11a weg vom Schlackebad 4 ergibt. Zwischen der zum Schlackebad 4 zugerichteten und weggerichteten Strömungsrichtungen 11a und 11b besteht ein spitzer Umlenkwinkel μ .

[0037] Das führt zu dem gewünschten Abscheidungseffekt von nichtflüchtigen Bestandteilen in der Gasströmung 3. Die Abscheidung der nichtflüchtigen Bestandteile wird über die Gasgeschwindigkeit v_g , die dem Flüssigkeitsspiegel des Schlackebads 4 zugerichtet ist, über den Strömungsumlenkradius r und der überlagerten Erdbeschleunigung g beeinflusst. Der Umlenkwinkel μ ist kleiner als 90° , vorzugsweise 60 Grad.

[0038] Damit wirkt der dritte Reaktorabschnitt 6c als Abscheider für die nichtflüchtigen Bestandteile des Staubs 2.

[0039] Das verdampfte Zinkoxids $\text{Zn}_{(g)}$ wird über den Gasstrom 3 als Abgas aus dem Reaktor 6 ausgetragen. In einer nachfolgend nicht näher dargestellten Abgasstrecke wird (wie aus dem RecoDust Verfahren bekannt) der zink-

haltige Gasstrom 3 nachverbrannt, was zu einer Oxidation des Zinks zu ZnO führt. Das nun fest vorliegende Zinkoxid wird in weiterer Folge über Filter aus Abgasstrom abgetrennt und damit aus dem Staub 2 in hoher Reinheit gewonnen werden.

5

Patentansprüche

10

1. Verfahren zum Abtrennen von Metallen aus Staub (2), insbesondere von Hüttenwerken zur Eisen- und/oder Stahl-erzeugung, bei dem

der Staub (2) in eine Gasströmung (3) eingebracht und erhitzt wird, womit einerseits Zinkoxid (ZnO) als ein flüchtiger Bestandteil des Staubs (2) reduziert und verdampft wird und andererseits Eisen (Fe) und/oder Eisen-oxid (FeO , Fe_2O_3 , Fe_3O_4) als ein nichtflüchtiger Bestandteil des Staubs (2) zu einem Schlackebad (4) abge-schieden wird,

15

dadurch gekennzeichnet, dass

ein stabiler Toruswirbel (5) erzeugt wird, der einen ersten Strömungsabschnitt (3a) der Gasströmung (3) aus-bildet, in welchem ersten Strömungsabschnitt (3a) Zinkoxid (ZnO) reduziert und verdampft wird.

20

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Brenner (7), insbesondere Gasbrenner, in einem Reaktor (6) den Toruswirbel (5) erzeugt.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Staub (2) über den Brenner (7) in den Toruswirbel (5) und damit in den ersten Strömungsabschnitt (3a) der Gasströmung (3) eingebracht wird.

25

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Schlackebad (4) am Boden des Reaktors (6) ausgebildet wird.

30

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gasströmung (3) einen zweiten und einen dritten Strömungsabschnitt (3b, 3c) aufweist, wobei der zweite Strömungsabschnitt (3b) von einer Düse (6b) zwischen dem ersten und dritten Strömungsabschnitt (3a, 3c) ausgebildet wird.

35

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Strömungsrichtung (11a) des dritten Strömungs-abschnitts (3c) auf das Schlackebad (4) zunächst zugerichtet, vor dem Schlackebad (4) umgelenkt und dann von diesem Schlackebad (4) weg gerichtet verläuft.

7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen der zum Schlackebad (4) zugerichteten und weggerichteten Strömungsrichtungen (11a, 11b) ein spitzer Umlenkwinkel (μ) besteht.

40

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** im ersten Strömungsabschnitt (3a) eine Temperatur von mehr als 1600 C eingestellt wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Staub (2) eine maximale Korn-größe von unter 1.000 μm , bevorzugt eine mittlere Korngröße von 50 μm bis 100 μm , aufweist.

45

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Strömungsabschnitt (3a) ein unterstöchiometrisches Verbrennungsluftverhältnis (λ), insbesondere ein Verbrennungsluftverhältnis (λ) von 0,7 bis 0,8, aufweist.

50

11. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 10 mit einem Reaktor (6) und mit einem Brenner (7), **dadurch gekennzeichnet, dass** der Brenner (7) in den Reaktor (6) mündet und im Reaktor (6) einen stabilen Toruswirbel (5) ausbildend antreibt.

55

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Brenner (7) mit mindestens einem Heis-sauerstoffkanal (9) zur Führung von Sauerstoff (13) und mit wenigstens einem Heizgaskanal (8) zur Führung von Heizgas (12) in den Reaktor (6) mündet.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Staub (2) über den Heizgaskanal (8) des Brenners (7) in den Reaktor (6) eingebracht wird.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Brenner (7) vom nachmischenden Typ ist.
- 5 15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Reaktor (6) im Bereich des stabilen Toruswirbels (5) einen zylindrischen Wandabschnitt (10) aufweist, und dass der Brenner (7) einen Brennerkopf aufweist, an dem Heizgaskanal (8) und Heisauerstoffkanal (9) für einen kegelförmige Flamme (14) des Heizgas-Heisauerstoffgemisches zueinander ausgerichtet ausmünden.
- 10 16. Vorrichtung nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Heisauerstoffkanal (9) in einem Winkel (α) von 0 bis 35 Grad, insbesondere von 20 bis 35 Grad, gegenüber der Längsachse (L) des Brenners (7) geneigt verlaufend am Brenner (7) austritt.
- 15 17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Reaktor (6) zwei über eine Düse (6b) verbundene Reaktorabschnitte (6a, 6b) aufweist, wobei der ersten oberen Reaktorabschnitt (6a) den ersten Strömungsabschnitt (3a), die Düse (6b) den zweiten Strömungsabschnitt (3b) und der untere dritte Reaktorabschnitt (6c) den dritten Strömungsabschnitt (3c) und das Schlackebad (4) aufweisen.

20

25

30

35

40

45

50

55

FIG. 1

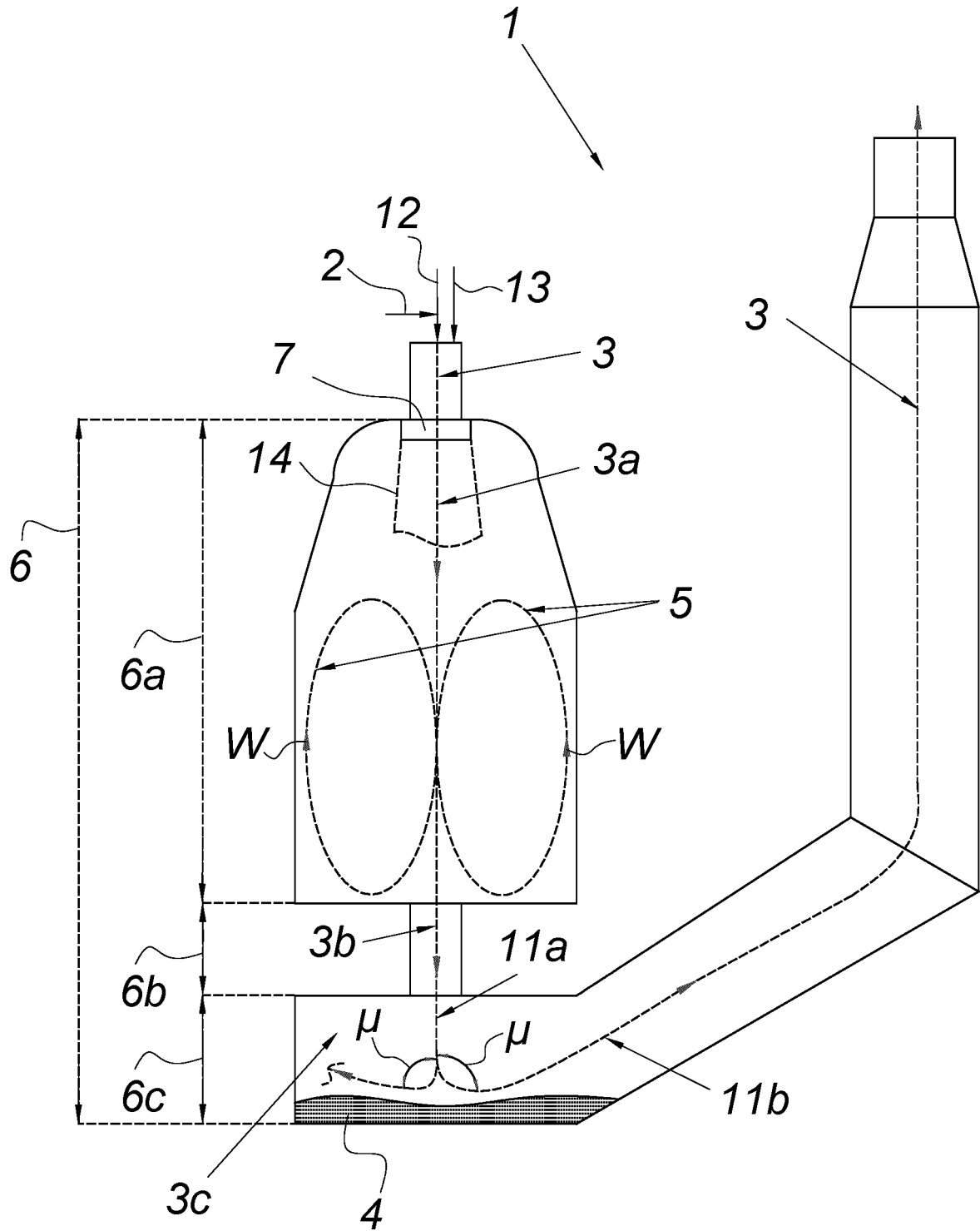


FIG.2

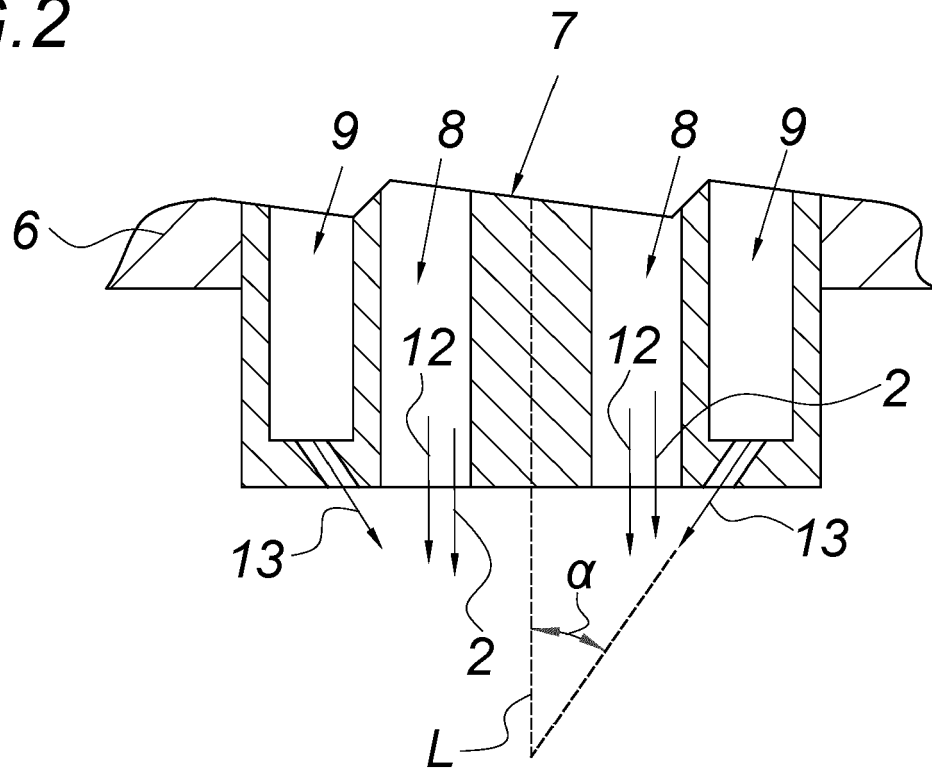
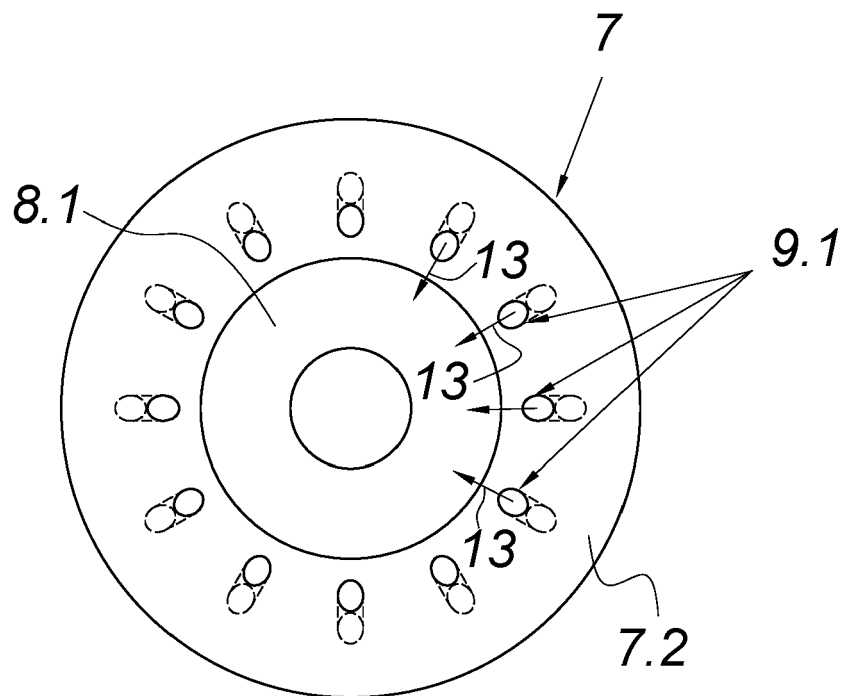


FIG.3





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 21 17 9909

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 4 654 077 A (PUSATERI JOHN F [US] ET AL) 31. März 1987 (1987-03-31) * Abbildungen 1, 3, 4 * * Beispiele 1, 3 * * Tabelle 1 * * Spalte 8, Zeile 34 - Zeile 57 *	1-17	INV. C22B7/00 C22B7/02 C22B19/14 C22B19/30 C22B19/32
X	US 2005/138964 A1 (EDLINGER ALFRED [AT]) 30. Juni 2005 (2005-06-30) * Abbildungen 1, 3 * * Absätze [0011], [0020] *	1-17	
A	WO 2007/068025 A2 (EDLINGER ALFRED) 21. Juni 2007 (2007-06-21) * Abbildung 4 *	7	
A	US 2012/006157 A1 (GAUTAM VIVEK [US] ET AL) 12. Januar 2012 (2012-01-12) * Abbildung 4B * * Absatz [0078] *	16	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			C21B C22B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 6. Oktober 2021	Prüfer Porté, Olivier
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 21 17 9909

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

06-10-2021

	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
10	US 4654077 A	31-03-1987	AU 583164 B2	20-04-1989
			BE 905775 A	16-03-1987
			CA 1294132 C	14-01-1992
15			DE 3639343 A1	21-05-1987
			FR 2591234 A1	12-06-1987
			GB 2185042 A	08-07-1987
			JP H0332612 B2	14-05-1991
			JP S62130230 A	12-06-1987
20			US 4654077 A	31-03-1987

	US 2005138964 A1	30-06-2005	AT 411363 B	29-12-2003
			AU 2003208161 A1	09-09-2003
			EP 1476405 A1	17-11-2004
25			US 2005138964 A1	30-06-2005
			WO 03070651 A1	28-08-2003

	WO 2007068025 A2	21-06-2007	EP 1960556 A2	27-08-2008
			WO 2007068025 A2	21-06-2007

30	US 2012006157 A1	12-01-2012	BR 112013016805 A2	27-09-2016
			CA 2823238 A1	05-07-2012
			CN 103403198 A	20-11-2013
			EP 2659011 A1	06-11-2013
			JP 5908498 B2	26-04-2016
35			JP 2014507619 A	27-03-2014
			PL 2659011 T3	31-05-2019
			RU 2013135717 A	10-02-2015
			US 2012006157 A1	12-01-2012
	WO 2012091963 A1	05-07-2012		

40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82